

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

18 DEC 2003

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 27 JAN 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 50 545.8

**Anmeldetag:**

29. Oktober 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Carl Zeiss SMT AG, Oberkochen/DE

**Bezeichnung:**

Optische Abbildungsvorrichtung

**IPC:**

G 02 B, G 03 F

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 26. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

im Auftrag

Steck

Optische Abbildungsvorrichtung

- 5 Die Erfindung betrifft eine optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, mit einem Strahlengang, mehreren optischen Elementen und einer Blenden-einrichtung mit einer verstellbaren Blendenöffnungsform.

10

Allgemein bekannt ist der Einsatz von verschiedenartigen Blenden als Systemblenden in optischen Abbildungsvorrichtungen. Durch diese insbesondere in ihrem Öffnungs durchmesser veränderbare Blenden kann der Durchmesser des Lichtstrahlenbündels im Strahlengang der optischen Abbildungsvorrichtung variiert werden.

20 Besonders verbreitet sind sogenannte Irisblenden, die mindestens vier - meist jedoch mehr - dünne Lamellen aufweisen, welche im allgemeinen sickelartig geformt und an einem Ende drehbar in einer festen Fassung gelagert sind. Das andere Ende ist dabei mit einem Stift als Führungseinrichtung versehen, welcher in einer Nut bzw. Kulisse eines drehbaren Rings so eingesetzt ist, dass durch das Drehen des drehbaren Rings die Lamellen in der Art bewegt werden, dass der verbleibende Öffnungs durchmesser der Blende variiert werden kann.

30 Aus der DE 101 11 299 A1 ist eine solche Irisblende, insbesondere für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, mit mehreren Lamellen bekannt, welche mit Führungselementen geführt und durch wenigstens eine Antriebseinrichtung zum Verstellen der Blendenöffnung bewegbar sind. Die Führungselemente sind so ausgebildet, dass die Lamellen wenigstens annähernd linear in radialer Richtung zu der optischen Achse der Irisblende bewegbar sind.

In der DE 199 55 984 A1 ist eine weitere Blende zur Abblendung einer optischen Abbildungsvorrichtung offenbart.

- Bekannte Blenden, insbesondere die über Lamellen kontinuierlich verstellbaren Irisblenden sind für den Einsatz zur Abblendung eines optischen Systems der Mikrolithographie vor allem im EUVL-Bereich weniger geeignet, da hier verschärfte Anforderungen hinsichtlich des zur Verfügung stehenden Bauraums gestellt werden, dem diese augrund ihrer Konstruktion nicht genügen.
- 10 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine optische Abbildungsvorrichtung der eingangs erwähnten Art zu schaffen, die mittels einer Blende abblendbar ist, welche nur einen geringen Bauraum beansprucht.
- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Blendeneinrichtung einen Blendenvorrat mit mehreren unterschiedlichen Blendenöffnungen mit jeweils festen Formen aufweist, die in den Strahlengang einbringbar sind.
- 20 Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird in einfacher und vorteilhafter Weise eine optische Abbildungsvorrichtung mit einem Blendenmechanismus geschaffen, bei dem die Formen der Blendenöffnungen fest bestimmt sind und auf kleinstem Raum gelagert werden können. Hinsichtlich der Geometrie der Formen der Blendenöffnungen sind keine Einschränkungen vorhanden, so dass sowohl kreisförmige als auch elliptische oder sonstige Geometrien bei den Blendenöffnungen verwendet werden können.
- 25 Im Gegensatz zu bekannten lamellenartigen Irisblenden sind die zu bewegenden Massen verhältnismäßig klein, der Wechsel der Blenden in der optischen Abbildungsvorrichtung kann daher sehr schnell vorgenommen werden. Durch den vorhandenen Blendenvorrat mit Blendenöffnungen können verschiedenartigste Blenden zum Einsatz kommen.
- 30 Sehr vorteilhaft ist es, wenn der Blendenvorrat als insbesondere außerhalb der optischen Abbildungsvorrichtung angeordneter Blendenscheibenstapel mit mehreren mit Blendenöffnungen versehenen Blendenscheiben ausgebildet ist, welche insbesonde-

re in separaten Einschüben untergebracht sind.

Durch diese Maßnahmen ergibt sich eine weitere platzsparende Ausführung der Blendeneinrichtung, insbesondere außerhalb der optischen Abbildungsvorrichtung, wodurch im Blendenscheibenstapel verhältnismäßig viele verschiedenartige Blendenscheiben gelagert werden können. Durch die Anordnung der Blendeneinrichtung außerhalb der optischen Abbildungsvorrichtung wird im Gegensatz zu einer inneren Anordnung zusätzlich eine Kontamination der optischen Abbildungsvorrichtung durch die Blendeneinrichtung minimiert. Des weiteren kann eine dynamische Entkopplung der Blendeneinrichtung von der optischen Abbildungsvorrichtung erfolgen, so dass keine störenden Schwingungen durch die Blendeneinrichtung auf die in der optischen Abbildungsvorrichtung angeordneten optischen Elemente eingebracht werden.

In einer konstruktiven Ausgestaltung der Erfindung kann ferner vorgesehen sein, dass als Blendenvorrat ein Blechstreifen, welcher auf zwei Rollen aufgewickelt und gespannt gehalten wird, vorgesehen ist, wobei der Blechstreifen mehrere, insbesondere verschiedene Blendenöffnungen mit festen Formen aufweist, und wobei durch Drehen der Rollen die Blendeneinstellung durch Variation der Blendenöffnungen verstellbar ist.

25 Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Verstelldynamik der verschiedenen Blenden, die auf einem sehr kleinen Raum gelagert werden können. Die zu bewegenden Massen sind verhältnismäßig klein und es sind bezüglich der Geometrie der Blendenöffnungen 30 keine Einschränkungen vorhanden. Ein Blendenwechsel kann zügig vorgenommen werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen. Nachfolgend 35 sind anhand der Zeichnung verschiedene Ausführungsformen der Erfindung prinzipiell erläutert.

Es zeigen:

Figur 1a einen Ausschnitt eines Projektionsobjektivs für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich mit typischem Strahlenverlauf;

5

Figur 1b eine Ansicht einer für das Projektionsobjektiv gemäß Figur 1a geeigneten Blendenscheibe von oben;

10 Figur 2 eine Darstellung eines Blendenscheibenstapels mit mehreren Blendenscheiben, die in den Strahlengang des Projektionsobjektivs gemäß Figur 1a einbringbar sind;

Figuren

3a bis 3c seitliche Ansichten von drei Ausführungsformen einer Blendenscheibe;

Figuren

4a bis 4c Darstellungen von drei Ausführungsformen einer Blendeinrichtung mit Blendenscheibenstapel;

20

Figur 5 eine Ansicht einer Blendeneinrichtung mit einer Hubeinrichtung, einer Halteeinrichtung und mit Federelementen als Anschlag für eine Blendenscheibe;

25 Figuren

6a bis 6c Darstellungen von drei Ausführungsformen elektromagnetischer Halteeinrichtungen zur Positionierung der Blendenscheibe;

30 Figuren

7a und 7b Darstellungen von zwei Ausführungsformen einer Kontaminationsüberwachung eines Spiegels;

35 Figur 8 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen externen Blendeneinrichtung mit einer Hubeinrichtung;

Figur 9 eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform einer Blendeneinrichtung mit einer Hubeinrichtung;

- Figuren  
10a bis  
10c perspektivische Ansichten von drei Ausführungsformen  
5 einer Hubeinrichtung;
- Figur 11 eine perspektivische Ansicht eines Robotergreifarms zum Entladen eines Blendenscheibenstapels;
- 10 Figur 12 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der Blendeneinrichtung mit zwei Rollen, auf denen ein Blechstreifen aufgewickelt ist;
- Figur 13 eine Seitenansicht der Blendeneinrichtung aus Figur 12; und
- Figur 14 einen prinzipiellen Aufbau einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage mit einer Lichtquelle, einem Beleuchtungssystem und einem Projektionsobjektiv.
- 20 Figur 1a zeigt einen Ausschnitt eines Projektionsobjektivs 1 für den Einsatz im EUVL-Bereich mit dessen typischem Strahlenverlauf 2 zwischen an einem Gehäuse 1a (gestrichelt dargestellt) des Projektionsobjektivs 1 angeordneten Spiegeln 3 und 25 einer Objektebene 4 (in Fig. 14 näher erläutert). Im Strahlenverlauf 2 ist eine Blende 5 mit einer Blendenöffnung 6 angeordnet, die zur Abblendung des Lichtstrahls des Projektionsobjektivs 1 dient.
- 30 Wie ersichtlich, werden hier hohe Anforderungen hinsichtlich der Beschaffenheit und des Bauraums der Blende 5 gestellt. Dies ist vor allem auf einer durch einen Kreis hervorgehobenen Seite 5' der Blende 5 erforderlich. Dementsprechend sollte die Blendenöffnung 6 wie in Figur 1b dargestellt dezentral sein.
- 35 Diese notwendige Anordnung der Blendenöffnung 6 auf der Blende 5 sowie der geringe Bauraum im Projektionsobjektiv 1 erschweren den Einsatz von herkömmlichen, kontinuierlich verstellbaren Irisblenden (beispielsweise durch Lamellen) bei einem der-

artigen Projektionsobjektiv 1, insbesondere bei Arbeitswellenlängen im EUVL-Bereich.

Figur 2 zeigt den Ausschnitt des Projektionsobjektivs 1 in einer Ausführung mit einer Blendeneinrichtung 7 mit einem Blendenscheibenstapel 7a, 7b, der einzelne als Blendenscheiben ausgebildete Blenden 5 mit festen Geometrien (siehe Figur 1b) vertikal übereinander gestapelt aufweist. Die Blendenöffnungen 6 können dabei auch statt der dargestellten Kreisform elliptische oder sonstige Formen aufweisen. Die Blendenscheiben 5 werden bevorzugt über durch Pfeile 8 angedeutete Richtungen in den Strahlengang 2 des Projektionsobjektivs 1 an eine dafür vorgesehene Arbeitsposition 9 (gepunktet angedeutet) gebracht. Die Blendenscheiben 5 sind, wie aus Figur 1b ersichtlich, derart geformt, dass sie einen dünnen Rand auf der Seite des benachbarten Lichtstrahls und einen breiteren Rand über den restlichen Umfang aufweisen.

Wie aus den Figuren 3a bis 3c ersichtlich, ist der optimale physikalische Abstand von Blendenscheiben 5a bis 5c im Verhältnis zu den in Strahlrichtung davor angeordneten Spiegeln 3 für verschiedene Blendengrößen unterschiedlich. Um dies bei der Montage der Blendenscheiben 5a bis 5c in einer einheitlichen Höhe  $h$  in Bezug zu den Spiegeln 3 gewährleisten zu können, werden diese mit unterschiedlichen Höhen in Bezug zu ihren Fassungsbereichen 10 versehen.

Wie in Figur 4a dargestellt, weist der Blendenscheibenstapel 7a mehrere Blendenscheiben 5 auf, die in separaten Einschüben 11 untergebracht sind. Jeder Einschub 11 kann individuell durch ein allen Einschüben 11 gemeinsames Gelenkelement (nicht dargestellt) herausgedreht werden (durch Pfeil 12 in Figur 4a angedeutet), so dass jeweils eine Blendenscheibe 5 herausgedreht werden kann, um anschließend in den Strahlengang 2 des Projektionsobjektivs 1 an ihre Arbeitsposition 9, wie zu einem späteren Zeitpunkt erläutert, gehoben zu werden (in Figur 4a durch den gepunkteten Pfeil 8 angedeutet). Die Schwenkbewegung der Einschübe 11 kann durch einen Zahnradantrieb, der an einem

Hubmechanismus oder einem Modulgehäuse angebracht ist, bewerkstelligt werden, welcher derart angeordnet werden kann, dass er die Zahnradzähne beim passenden Einschub 11 bewegt. Alternativ könnten in anderen Ausführungsbeispielen andere Fahrmechanismen, insbesondere Friktionsräder, magnetische Kupplungen oder spezielle Elektromotoren mit in den Einschüben 11 eingebauten Rotoren vorgesehen sein.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besitzen die Einschübe 11 eine einheitliche Bauhöhe. In anderen Ausführungsbeispielen kann diese jedoch auch unterschiedlich sein, um verschiedene Blendengrößen einsetzen zu können (vgl. Figuren 3a bis 3c).

Nach Erreichen der Arbeitsposition 9 der Blendenscheibe 5 wird diese an eine Halteeinrichtung bzw. an einen Anschlag 13 gekoppelt. Die Halteeinrichtung 13 erlaubt eine wiederholbar genaue Positionierung der Blendenscheiben 5 im Mikrometerbereich. Dies verringert die Genauigkeitsanforderungen für die separaten Einschübe 11 als auch für den gesamten Hubmechanismus (durch den Pfeil 8 angedeutet).

Wie aus Figur 4b ersichtlich, kann in einer weiteren Ausführungsform statt des Anhebens der Blendenscheiben 5 zur Arbeitsposition 9 auch ein Blendenscheibenstapel 7b vertikal bewegt werden (durch Pfeil 8' angedeutet), bis die passende Blendenscheibe 5 im wesentlichen dieselbe Höhe wie die Halteeinrichtung 13 erreicht hat, wonach der Einschub 11 mit der passenden Blendenscheibe 5 herausgedreht wird und nach einer eventuellen zusätzlichen geringen vertikalen Bewegung (Pfeil 8) an die Halteeinrichtung 13 angekoppelt wird. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass für den Bländenaustauschmechanismus nur sehr wenig Raum vor dem Spiegel 3 benötigt wird, wodurch dieser Raum für zusätzliche Systeme (Spiegelreinigungssysteme etc.) freigehalten wird. Ein Arbeitsbereich 14 des vertikal verschiebbaren Blendenscheibenstapels 7b ist in Figur 4c ebenso wie ein freier Bereich für Zusatzsysteme 15 gestrichelt bzw. punktgestrichelt dargestellt.

Projektionsobjektive 1, insbesondere für den EUVL-Bereich, sind sehr empfindlich gegen Bewegungen ihrer einzelnen optischen Elemente z. B. Spiegel 3, sowohl relativ zueinander als auch relativ zu deren Fassungsstruktur. Um die Übertragung von 5 störenden Schwingungen zu minimieren, ist das Projektionsobjektiv 1 gegen Schwingungen isoliert. Des weiteren sind die einzelnen Elemente innerhalb des Projektionsobjektivs 1 derart steif miteinander verbunden (mit hoher Eigenfrequenz), dass sie sich miteinander als steifer Körper unter der Erregung 10 jeglicher restlicher üblicherweise niederfrequenter Schwingungen bewegen.

Es ist aufwändig, eine Ausführungsform der gesamten Blenden-einrichtung 7 mit ausreichend hoher Eigenfrequenz zu schaffen, da relativ große Massen bewegt werden müssen und der Bauraum eingeschränkt ist. Demzufolge würden durch die Blendeneinrichtung 7 dynamische Bewegungen (Schwingungen) auf das gesamte Projektionsobjektiv 1 übertragen. Die relative Positionierung der Blende 5 zum Rest der optischen Elemente des Projektions-objektivs 1 ist jedoch im Allgemeinen weniger kritisch.

Eine mögliche Lösung dieses Problems ist, die gesamte Blenden-einrichtung 7 auf eine separate, dynamisch vom Projektionsobjektiv 1 entkoppelte Struktur zu montieren, wodurch eine ge-25 naue Positionierung der Blende im Projektionsobjektiv 1 jedoch erschwert wird.

Eine weitere Lösung besteht darin, die ausgewählte Blendscheibe 5 mit der Halteeinrichtung 13 vom Rest der Blendenein-30 richtung 7 (Blendenscheibenstapel 7a, 7b, Einschübe 11, Hubmechanismus, Gehäuse, etc.) zu trennen und auf verschiedenen Strukturen anzurichten, wobei die Halteeinrichtung 13 direkt an der optischen Abbildungsvorrichtung bzw. am Projektionsobjektiv 1 befestigt wird. Der Rest der Blendeneinrichtung 7 kann 35 auf eine separate Struktur montiert werden.

Eine weitere Lösungsmöglichkeit besteht darin, sowohl die Halteeinrichtung 13 als auch den Hubmechanismus 16 am Projekti-

onstobjektiv 1 zu befestigen, während der Rest der Blendeneinrichtung 7 auf eine separate Struktur montiert wird.

Die Halteeinrichtung 13 sorgt dafür, dass die Blendenscheibe 5 relativ zum Projektionsobjektiv 1 genau und in sechs Freiheitsgraden positioniert wird. Des weiteren ist eine Halterung der Blendenscheiben 5 in der Halteeinrichtung 13 gegen die Gewichtskraft und andere störende Kräfte bzw. eine Verriegelung vonnöten. Um eine Partikelkontamination der Spiegeloberflächen zu vermeiden, sollte die Verriegelung der Blendenscheibe 5 möglichst sanft durchgeführt werden.

Wie in Figur 5 skizziert, wird die Blendenscheibe 5 durch eine Hubeinrichtung 16 von einer Entnahmeposition in ihre Arbeitsposition 9 befördert und dort in der Halteeinrichtung 13 gehalten. In vorteilhafter Weise wurden bei der in Figur 5 dargestellten Blendenaustauschmechanismus verwendet, da im Gegensatz zu Translationsmechanismen weniger Kontamination verursachende Partikel, beispielsweise durch Reibungskräfte, entstehen. Wie weiter in Figur 5 dargestellt, wird die im wesentlichen konstante Kraft zum Halten der Blendenscheibe 5 in der Halteeinrichtung 13 in einfacher und vorteilhafter Weise durch Federelemente 17 niedriger Steifigkeit bewerkstelligt. Um einen großen Kompressionsweg der Federelemente 17 zur Arbeitsposition 9 der Blendenscheibe 5 zu vermeiden, sollten die Federelemente 17 vorkomprimiert sein. Ein Pfeil 18 deutet die dynamische Entkopplung, bzw. die Schwingungsentkopplung des separat montierten Gehäuses 1a des Projektionsobjektivs 1 (gestrichelt angedeutet) und des ebenfalls separat montierten restlichen Blendenmechanismus (gestrichelter Kasten 19) an.

In den Figuren 6a bis 6c sind verschiedene Ausführungsformen der Halteeinrichtung 13 zur Fixierung bzw. Positionierung der Blendenscheibe 5 dargestellt.

Wie aus Figur 6a ersichtlich, weist eine Halteeinrichtung 13a einen Permanentmagneten 20 und einen Weicheisenkern 21 mit ei-

ner Spulenwicklung 22 auf. Die Blendenscheiben 5 (hier nicht näher dargestellt) besitzen auf der Gegenseite ebenfalls einen Weicheisenkern 21' und werden somit über Magnetkräfte gehalten. Dies hat den Vorteil, dass es nur geringe oder keine offenen mechanisch beweglichen Teile gibt, die zu weiteren Partikelkontaminationen führen könnten.

Wie in Figur 6b dargestellt, ist eine Halteeinrichtung 13b an einem Teil 23 vorgesehen und weist ein statisches Teil 23' und 10 den Permanentmagneten 20 auf. Die Blendenscheibe 5 weist den Weicheisenkern 21 auf, durch den die Blendenscheibe 5 an der Halteeinrichtung 13b gehalten wird. Zusätzlich weist die Hubeinrichtung 16 (in Figur 6b nicht näher dargestellt) einen schaltbaren Elektromagneten 20' auf, der bei einem Blendenaus tausch derart geschaltet wird, dass sich die Blende von der Halteeinrichtung 13b löst.

In Figur 6c ist eine dritte Ausführungsform einer Halteeinrichtung 13c dargestellt, die im wesentlichen der Halteeinrichtung 13b aus Figur 6b entspricht. Zusätzlich wurde hier ein Weichfederelement 24 eingefügt, das in eine Aussparung 25 der Blendenscheibe 5 eingreift.

Figur 7a zeigt eine Halteeinrichtung 13d mit einer Blendscheibe 5d. Hier ist zusätzlich eine Spiegelkontaminationsüberwachung vorgesehen. Dies wird durch feine Wolframleitungsdrähte 26, die über die Öffnung der Blendenscheibe 5 geführt werden, bewerkstelligt. Die Blendenscheibe 5d ist dazu aus einem isolierenden Material, wie beispielsweise Keramik 30 oder ähnlichem, gefertigt. Die elektrische Verbindung zu den Wolframleitungsdrähten 26 wird durch drei Kontaktstellen an Lagerstellen 27 der Blendenscheibe 5d erreicht.

Figur 7b zeigt eine alternative Ausführungsform einer Kontaminationsüberwachung. Hier sind die Wolframleitungsdrähte 26 in der Hubeinrichtung 16 integriert.

Wie aus Figur 8 ersichtlich, ist der vertikal verschiebbare

Blendenscheibenstapel 7b außerhalb des Projektionsobjektivs 1 bzw. dessen Gehäuses 1a angeordnet. Dadurch ist das Projektionsobjektiv 1 gegen Kontamination durch den Blendenscheibenstapel 7b gesichert. Der Blendenscheibenstapel 7b ist mit einer als beweglicher Robotergreifarm ausgebildeten Zubringeinrichtung 28 versehen, die die passende Blendenscheibe 5 aus dem Blendenscheibenstapel 7b entnimmt und durch eine dafür vorgesehene Öffnung 29 in den Strahlengang 2 des Projektionsobjektivs 1 einführt. Eine zusätzliche ebenfalls außerhalb des Projektionsobjektivs 1 angeordnete Hubeinrichtung 16' (vereinfacht dargestellt) befördert die Blendenscheibe 5 zur Halteinrichtung 13, wobei sie dann in ihrer Arbeitsposition 9 fixiert wird. Wie vorstehend bereits beschrieben, können die Blendaustauschmechanismen und die Hubeinrichtung 16' dynamisch entkoppelt auf verschiedenen Strukturen montiert sein. Weiche Federn 17 der Hubeinrichtung 16' sorgen für eine dynamisch entkoppelte Verbindung. Die Öffnung 29 des Projektionsobjektivs 1 bzw. des Gehäuses 1a ist während des Betriebs geschlossen.

In Figur 9 ist eine Hubeinrichtung 16" innerhalb des Gehäuses 1a des Projektionsobjektivs 1 eingebbracht und montiert. Um Partikelkontamination zu vermeiden bzw. zu minimieren, sind aufeinander gleitende bzw. rollende Oberflächen auf ein absolutes Mindestmaß reduziert. Dies lässt sich durch den Einsatz von Festkörpergelenken und entsprechenden Aktuatoren (Voice-Coil-Aktuator, Lorentz-Aktuator) realisieren. Um molekulare Kontaminationen zu vermeiden, sind Oberflächen minimiert, des Weiteren werden nur geeignete Materialien mit kleinen Ausgasraten verwendet (Stähle, keine Kunststoffe oder Schmierstoffe). Durch den Einsatz von Festkörpergelenken kann auf Lagerschmierung verzichtet werden. Um die Struktur der Projektionsoptik dynamisch nicht zu beeinträchtigen, ist die Masse klein bzw. die Eigenfrequenz der Hubeinrichtung 16" möglichst groß zu halten.

Wie aus Figur 9 weiter ersichtlich, weist die Hubeinrichtung 16" die Halteinrichtung 13 für die Blendenscheibe 5 auf. Die

als Blech ausgebildete Blendenscheibe 5 liegt auf der Zubringeinrichtung 28 auf. Die Zubringeinrichtung 28 bringt die Blendenscheibe 5 in die Projektionsoptik unter den Spiegel 3. Beim Anheben der Hubeinrichtung 16" wird die Blendenscheibe 5 aus  
5 der Zubringeinrichtung 28 gehoben. Die Hubeinrichtung 16" fährt gegen einen inneren Anschlag. Die Blendenscheibe 5 liegt durch das Eigengewicht auf der Halteeinrichtung 13 auf. Ein Abheben nach oben kann z.B. durch eine Schutzabdeckung verhindert werden (vgl. Fig. 10a). Die Blendenscheibe 5 kann dann  
10 nicht herausfallen oder mit dem Spiegel 3 kollidieren.

Die folgenden Figuren 10a bis 10c zeigen konstruktive Ausgestaltungen 16a, 16b, 16c der Hubeinrichtung 16" aus Figur 9. Sie weisen zur Manipulation Voice-Coil-Aktuatoren auf (nicht näher dargestellt). Drehgelenke sind jeweils als Festkörpergelenke 30 ausgeführt.

Wie in Figur 10a dargestellt, verhindert eine Schutzabdeckung 31 der als Wippe ausgebildeten Hubeinrichtung 16a ein Abheben  
20 der Blendenscheibe 5. Die Hubeinrichtungen 16a bis 16c weisen interne Endanschläge auf, die die jeweiligen Endpositionen der Hubbewegung vorgeben. Die Lenkbewegung der Hubeinrichtung 16a ist durch einen Pfeil 32 angedeutet.

25 Figur 10b zeigt die als Waage ausgebildete Hubeinrichtung 16b, welche eine Parallelogrammführung aufweist. Dabei ist vorteilhaft, dass die Blendenscheibe 5 nahezu senkrecht nach oben bewegt werden kann.  
30 In Figur 10c ist eine scherenhubartige Hubeinrichtung 16c skizziert.

Figur 11 zeigt die als Robotergreifarm ausgebildete Zubringeinrichtung 28. Die Blendenscheibe 5 kann aus der Aufnahme der Zubringeinrichtung 28 durch die Hubeinrichtung 16a, 16b, 16c von unten ausgehoben werden. Ein Verriegelungsmechanismus 33 befestigt die Blendenscheibe 5 während des Transports. In anderen Ausführungsbeispielen kann die Blendenscheibe 5 auch

symmetrisch gestaltet werden, so dass eine Bestückung von beiden Seiten erfolgen kann. Die Zubringeinrichtung 28 kann zudem als Doppelgreifer, d.h. mit zwei Aufnahmen für zwei Blenden-  
5 scheiben 5, ausgeführt werden (nicht dargestellt). Dadurch wird die Blendenwechselzeit wesentlich verkürzt. Beim Wechsel fährt die Zubringeinrichtung 28 mit einer Blendenscheibe 5 bestückt in die Projektionsoptik des Projektionsobjektivs 1. Die sich bereits in der Projektionsoptik befindliche Austauschblendenscheibe 5 wird auf die zweite (leere) Aufnahme abgelegt.  
10 Die neue Blendenscheibe 5 würde von der Hubeinrichtung 16a, 16b, 16c übernommen werden. Die Zubringeinrichtung 28 müsste beim Blendenwechsel dadurch einmal weniger in die Projektionsoptik fahren.

In Figur 12 ist eine weitere Ausführungsform einer Blendeneinrichtung 7' für das Projektionsobjektiv 1 dargestellt. Sehr vorteilhaft ist dabei die verbesserte Dynamik des Blendenwechsels bei gleichzeitig geringem Bauraumbedarf. Wie ersichtlich, wird ein eintreffender Lichtstrahl 34 durch einen Blechstreifen 7c abgeblendet. Dieser ist mit Öffnungen 35 versehen, welche je nach optischer Anforderung eine optimale feste Geometrie aufweisen. Auf dem Blechstreifen 7c sind angrenzend die weiteren Öffnungen 35 als Blenden eingeschnitten. Die Reihenfolge der Öffnungen 35 kann verändert werden, um je nach Anforderungen eine optimale Schnelligkeit des Blendenwechsels zu gewährleisten.

Aufgewickelt ist der Blendenstreifen 7c auf zwei Rollen 36. Diese sind angetrieben und so gespannt, dass der Blechstreifen 30 7c keine "Falten" aufweist. Um eine in Lichtrichtung wandernde Blende zu vermeiden, sind zwei zusätzliche Spann- bzw. Führungsrollen 37 angebracht. Dadurch macht sich der wechselnde Durchmesser der Rollen 36 (inklusive aufgewickeltem Blechstreifen 7c) insbesondere nicht durch eine Schrägstellung des 35 Blechstreifens 7c bemerkbar.

Die optimale Lage der Blendenöffnungen 35 kann über Markierungen 38 am Rand des Blechstreifens 7c mit einer entsprechenden

Sensorik (nicht dargestellt) gemessen werden. In weiteren Ausführungsbeispielen sind jedoch auch andere Methoden denkbar.

Eine Vorderansicht der Blendeneinrichtung 7' aus Figur 12 ist  
5 in Figur 13 dargestellt.

Wie aus Figur 14 ersichtlich, weist eine EUV-Projektionsbelichtungsanlage 40 eine Lichtquelle 41, ein EUV-Beleuchtungssystem 42 zur Ausleuchtung eines Feldes in der Objektebene 4, in der eine strukturtragende Maske angeordnet ist, sowie das Projektionsobjektiv 1 mit dem Gehäuse 1a und dem Strahlenverlauf 2 (gestrichelt angedeutet) zur Abbildung der strukturtragenden Maske in der Objektebene 4 auf ein lichtempfindliches Substrat 43 auf. Die Blende 5 zur Abblendung des Projektionsobjektivs 1 ist gepunktet angedeutet.

Patentansprüche:

1. Optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, mit einem Strahlengang, mehreren optischen Elementen und einer Blendeneinrichtung mit einer verstellbaren Blendenöffnungsform, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendeneinrichtung (7,7') einen Blendenvorrat (7a,7b,7c) mit mehreren unterschiedlichen Blendenöffnungen (6,35) mit jeweils festen Formen aufweist, die in den Strahlengang (2) einbringbar sind.  
5
2. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Blendenvorrat als Blendenscheibenstapel (7a,7b) mit mehreren einzelnen mit Blendenöffnungen (6) versehenen Blendenscheiben (5) ausgebildet ist.
3. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Blendenscheibenstapel (7a,7b) außerhalb der optischen Abbildungsvorrichtung (1) angeordnet ist.  
20
4. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendenscheiben (5) innerhalb des Blendenscheibenstapels (7a,7b) in separaten Einschüben (11) untergebracht sind.  
25
5. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Blendenscheibenstapel (7b) derart verschiebbar ausgebildet ist, dass durch ein Verschieben des Blendenscheibenstapels (7b) die in den Strahlengang (2) einzubringende Blendenscheibe (5) auswählbar ist.  
30
- 35 6. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendeneinrichtung (7) eine Zubringeinrichtung (28) aufweist, welche die in den Strahlengang (2) einzubringende Blendenscheibe (5) aus

dem Blendenscheibenstapel (7a,7b), insbesondere auch aus dem entsprechenden separaten Einschub (11) entnimmt, in den Strahlengang (2) einbringt und nach ihrer Verwendung wieder in dem Blendenscheibenstapel (7a,7b) ablegt.

5

7. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zubringeinrichtung als beweglicher Robotergriffarm (28) ausgebildet ist.
- 10 8. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendeneinrichtung (7) eine Hubeinrichtung (16,16',16'',16a,16b,16c) zur Positionierung der Blendenscheibe (5) im Strahlengang (2) aufweist.
9. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass die Blendeneinrichtung (7) eine Halteeinrichtung (13,13a,13b,13c,13d) zur Fixierung der Blendenscheibe (5) im Strahlengang (2) aufweist.
- 20 10. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eines der optischen Elemente eine Halteeinrichtung (13,13a,13b,13c,13d) zur Fixierung der Blendenscheibe (5) im Strahlengang (2) aufweist.
- 25 11. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (16'',16a,16b,16c) eine Halteeinrichtung (13,13a,13b,13c,13d) zur Fixierung der Blendenscheibe (5) im Strahlengang (2) aufweist.
- 30 12. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (16,16') zur dynamischen Entkopplung der Blendenscheibe (5) von der optischen Abbildungsvorrichtung (1) durch Federelemente (17) gegen die Halteeinrichtung (13) gedrückt ist.

13. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendenscheibe (5) zur dynamischen Entkopplung der Blendenscheibe (5) von der optischen Abbildungsvorrichtung (1) über Magnetkräfte der Halteeinrichtung (13a, 13b, 13c, 13d) fixierbar ist.
- 5
14. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, gekennzeichnet durch eine dynamische Entkopplung von der Hubeinrichtung (16').
- 10
15. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 14, gekennzeichnet durch eine Öffnung (29), durch welche die Blendenscheibe (5) in den Strahlengang (2) einbringbar ist.
16. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, gekennzeichnet durch eine dynamische Entkopplung von der Blendeneinrichtung (7).
- 20 17. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (16', 16'', 16a, 16b, 16c) die Blendenscheibe (5) aus dem Robotergriffarm (28) aufnimmt.
- 25 18. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (16a) als Wippe ausgebildet ist.
- 30
19. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (16b) als Waage, insbesondere mit einer Parallelogrammführung ausgebildet ist.
- 35
20. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (16c) scherenhubförmig, insbesondere mit Festkörpergelenken (30) ausgebildet ist.

21. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Blendenvorrat ein Blechstreifen (7c), welcher auf zwei Rollen (36) aufgewickelt und gespannt gehalten wird, vorgesehen ist, wobei der Blechstreifen (7c) mehrere, insbesondere verschiedene Blendenöffnungen (35) mit festen Formen aufweist und wobei durch Drehen der Rollen (36) die Blendeneinstellung durch Variation der Blendenöffnungen (35) verstellbar ist.
- 5
- 10 22. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung des Blechstreifens (7c) und die Höhe der Blendenöffnung (35) durch wenigstens zwei zusätzliche Führungsrollen (37), die eine federnde Vorspannung hervorrufen, konstant gehalten ist, wobei die erste Rolle (36) fest angeordnet und die zweite (36) in Abstandsrichtung flexibel gelagert ist.
- 20
23. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage der Blendenöffnungen (35) durch Markierungen, insbesondere durch Aussparungen (38), am Rand des Blechstreifens (7c) bestimmbar ist.
- 25
24. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Projektionsobjektiv (1), insbesondere in einer Projektionsbelichtungsanlage (40) für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterbauelementen eingesetzt ist.
- 30
25. Blendeneinrichtung zur Abblendung einer optischen Abbildungsvorrichtung, insbesondere eines Objektivs (1) für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich zur Herstellung von Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24.

Zusammenfassung:

Optische Abbildungsvorrichtung

5 (Figur 2)

Die Erfindung betrifft eine optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv 1 für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, mit einem Strahlengang 2, mehreren optischen Elementen 3 und einer Blendeinrichtung 7 mit einer verstellbaren Blendenöffnungsform. Die Blendeneinrichtung weist einen Blendenvorrat 7a,7b mit mehreren unterschiedlichen Blendenöffnungen 6 mit jeweils festen Formen auf, die in den Strahlengang 2 einbringbar sind.

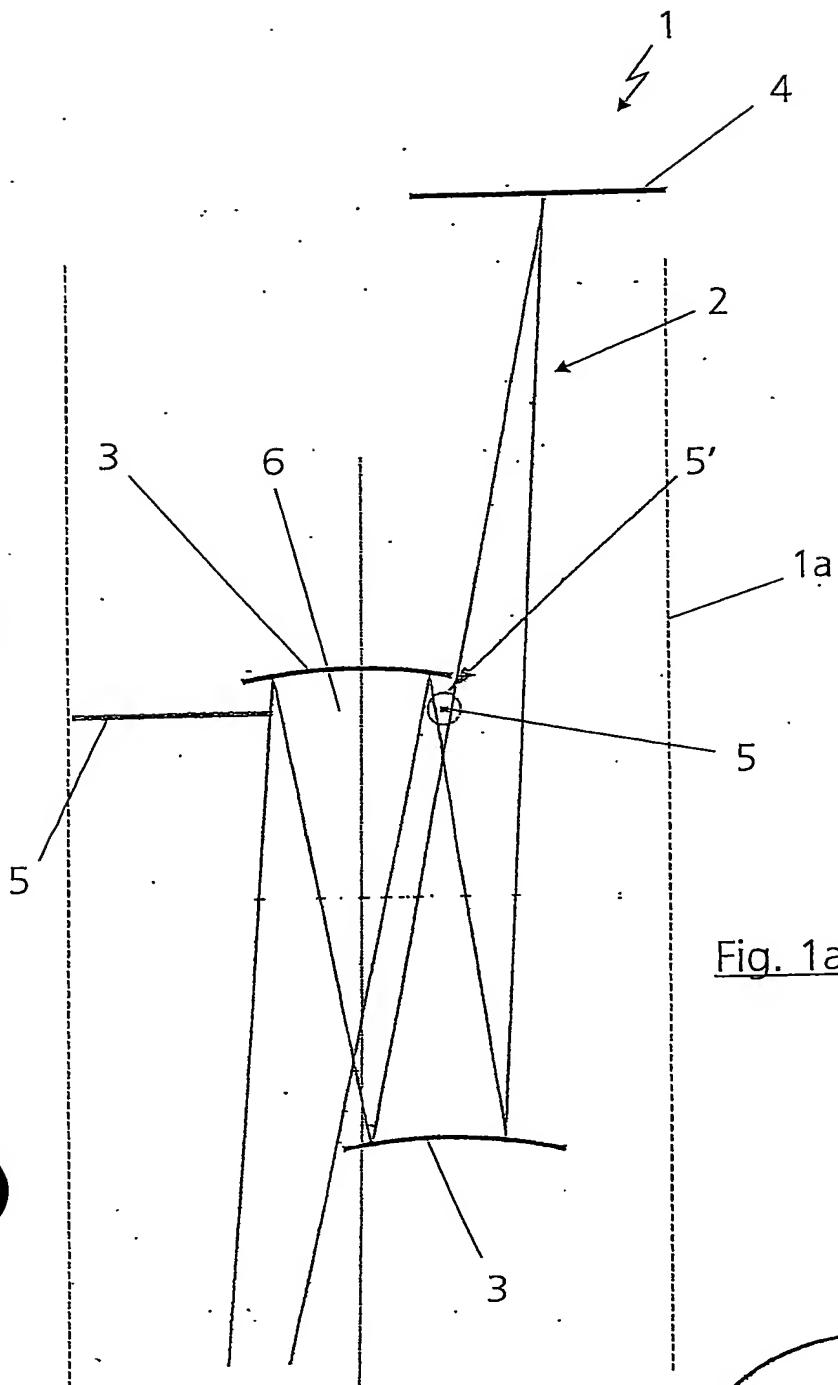


Fig. 1a

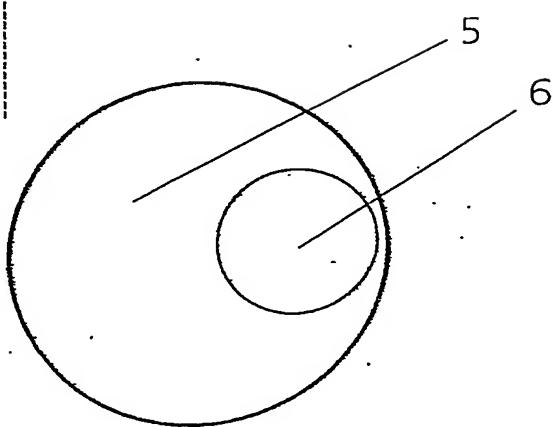
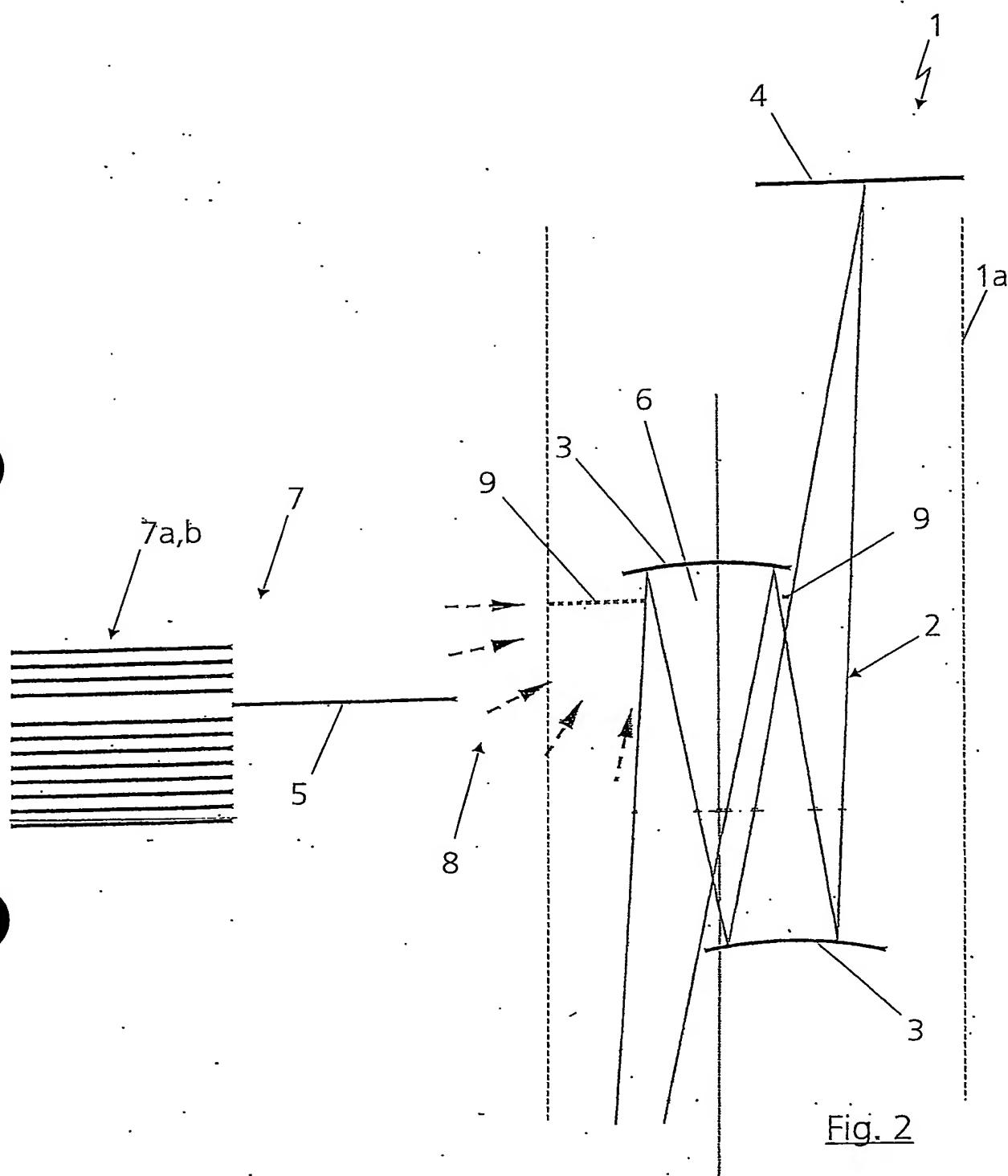


Fig. 1b



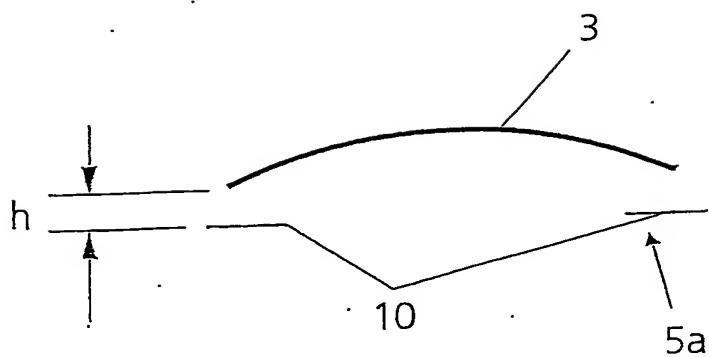


Fig. 3a

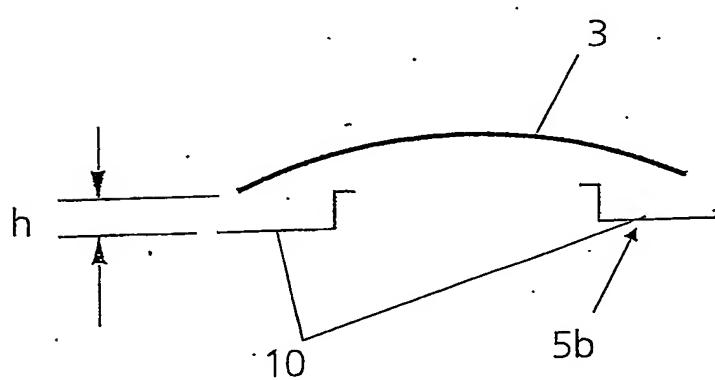


Fig. 3b

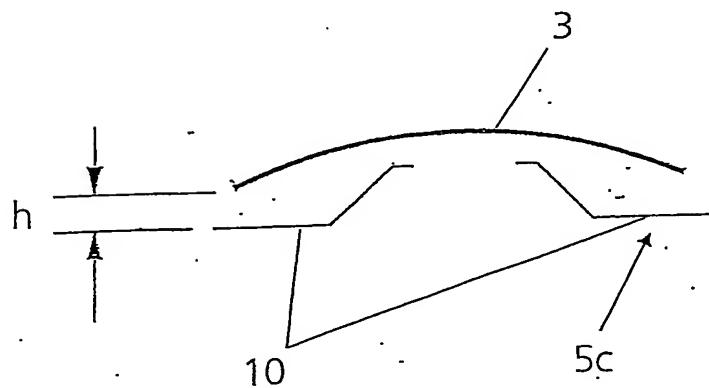


Fig. 3c

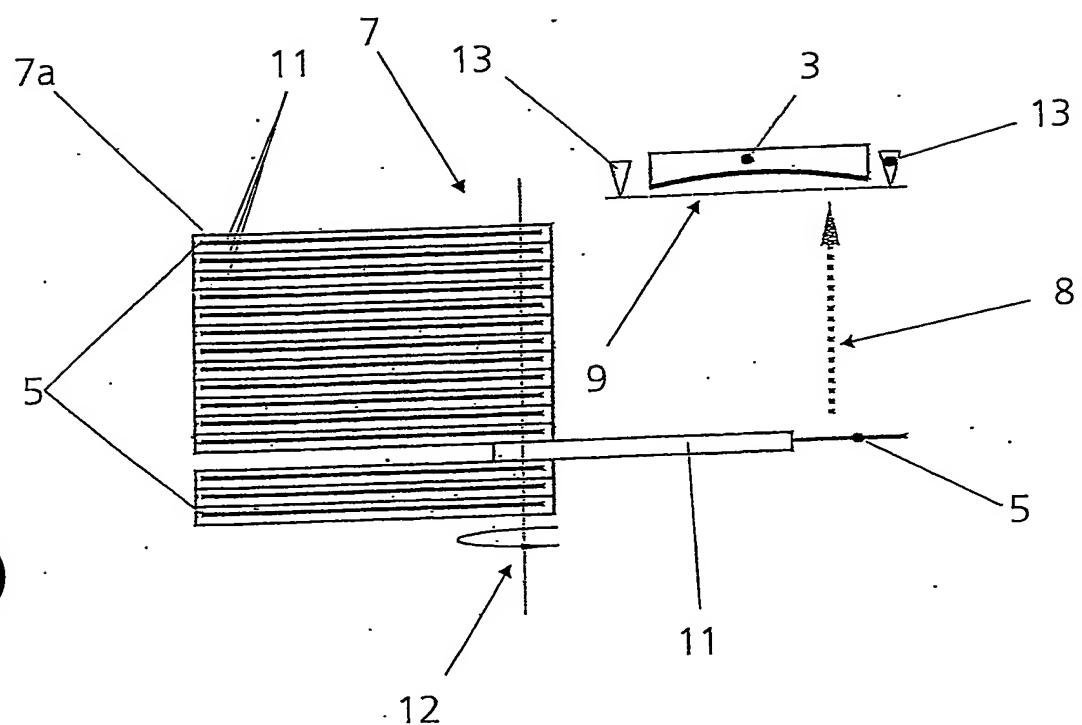


Fig. 4a

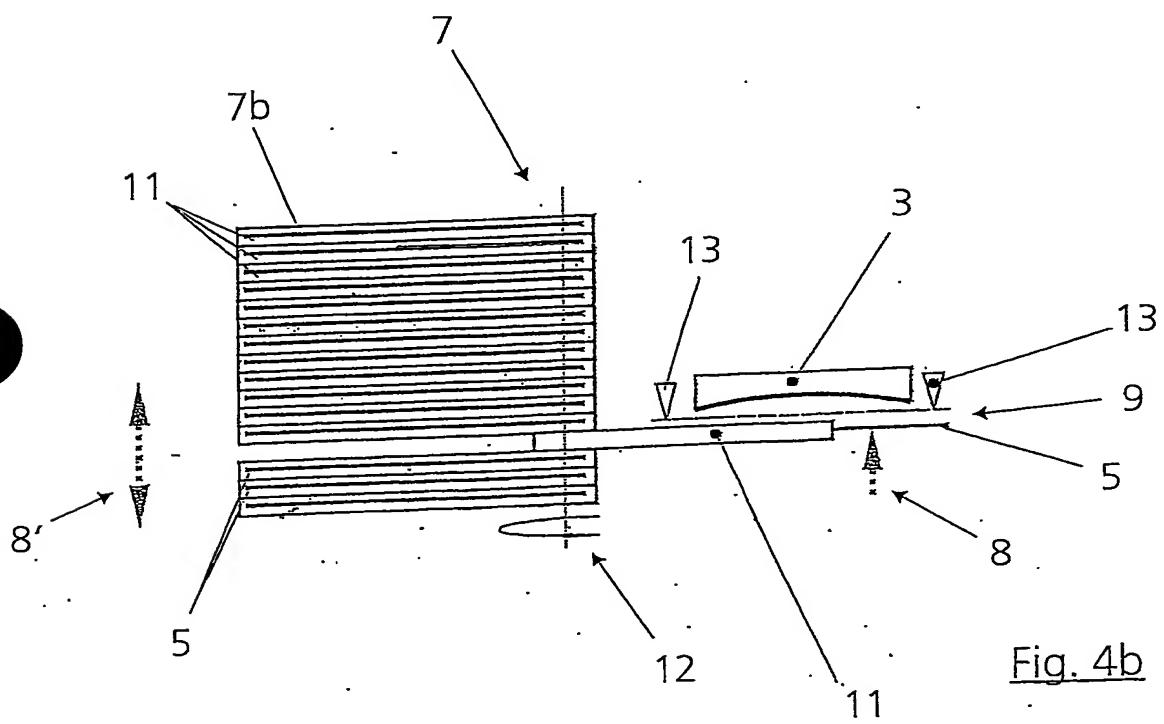
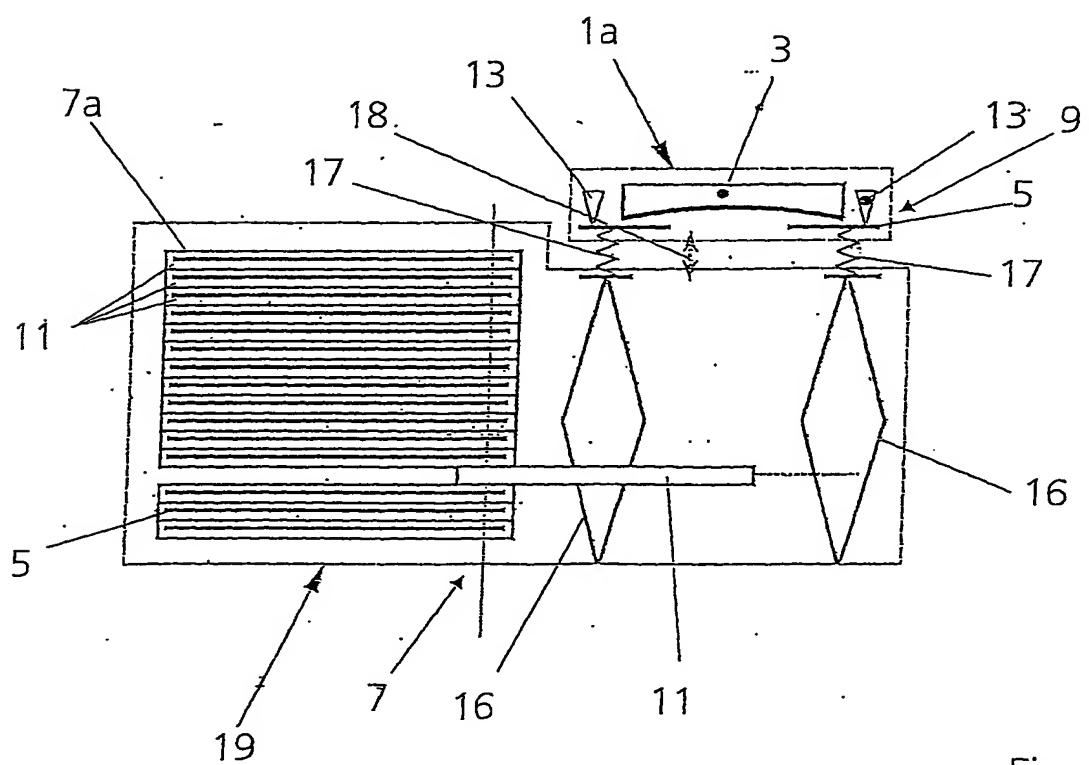
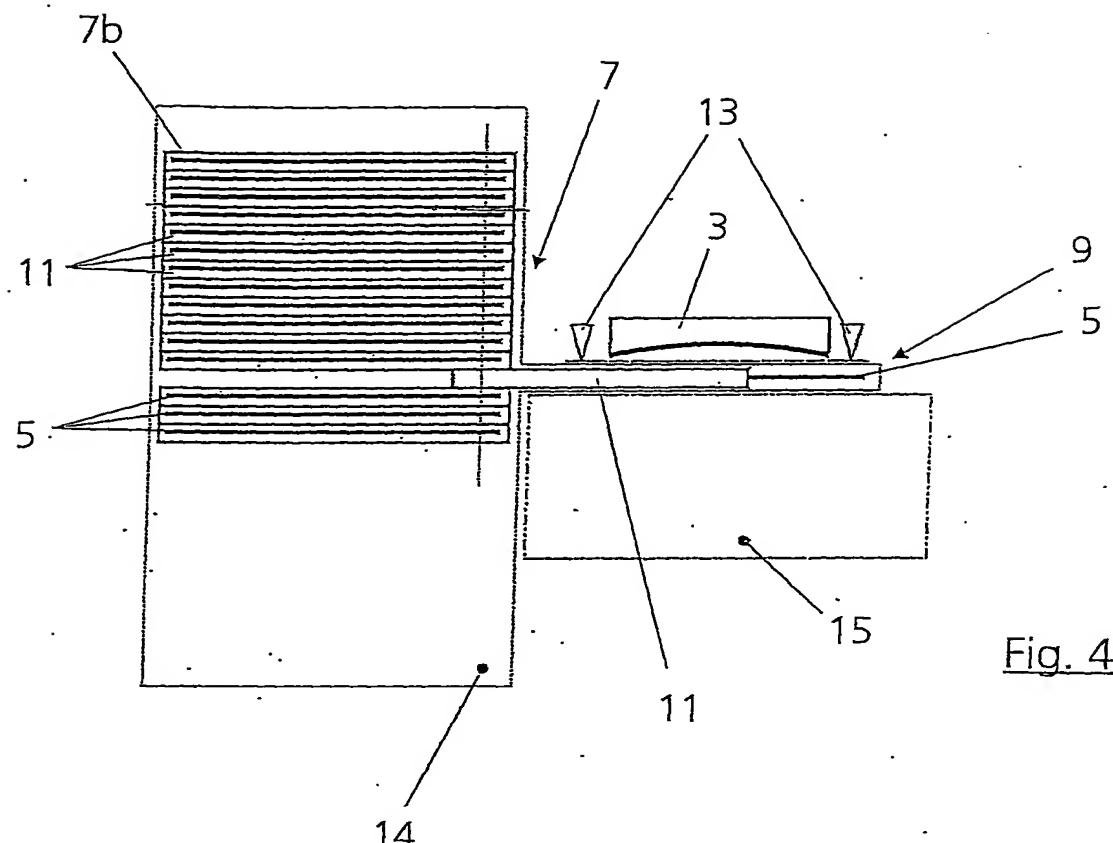


Fig. 4b



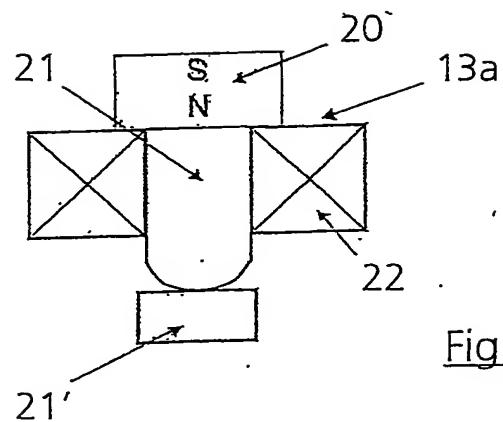


Fig. 6a

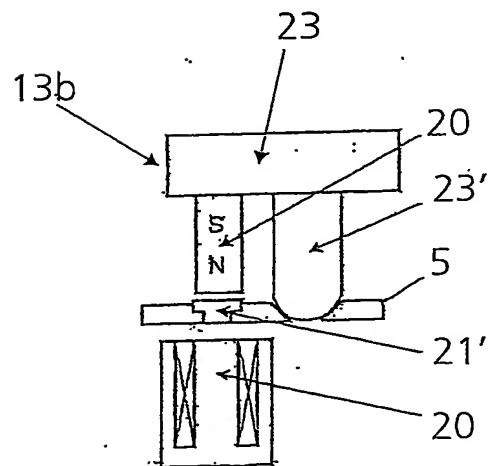


Fig. 6b

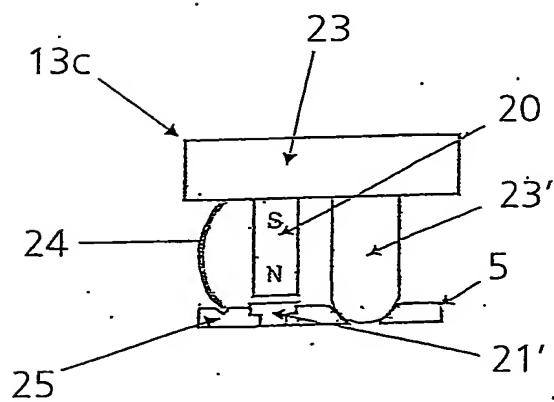


Fig. 6c

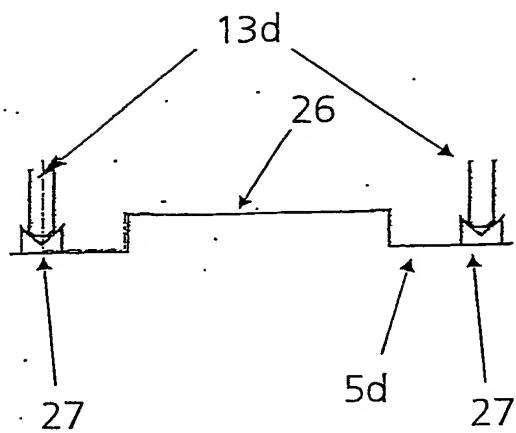


Fig. 7a

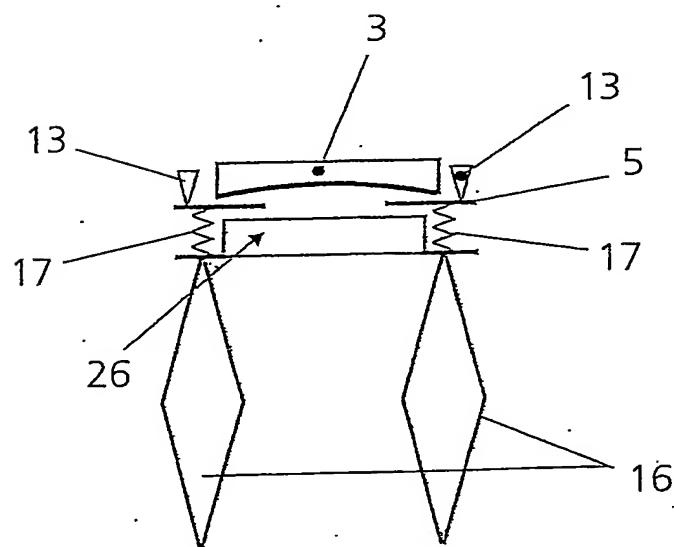


Fig. 7b

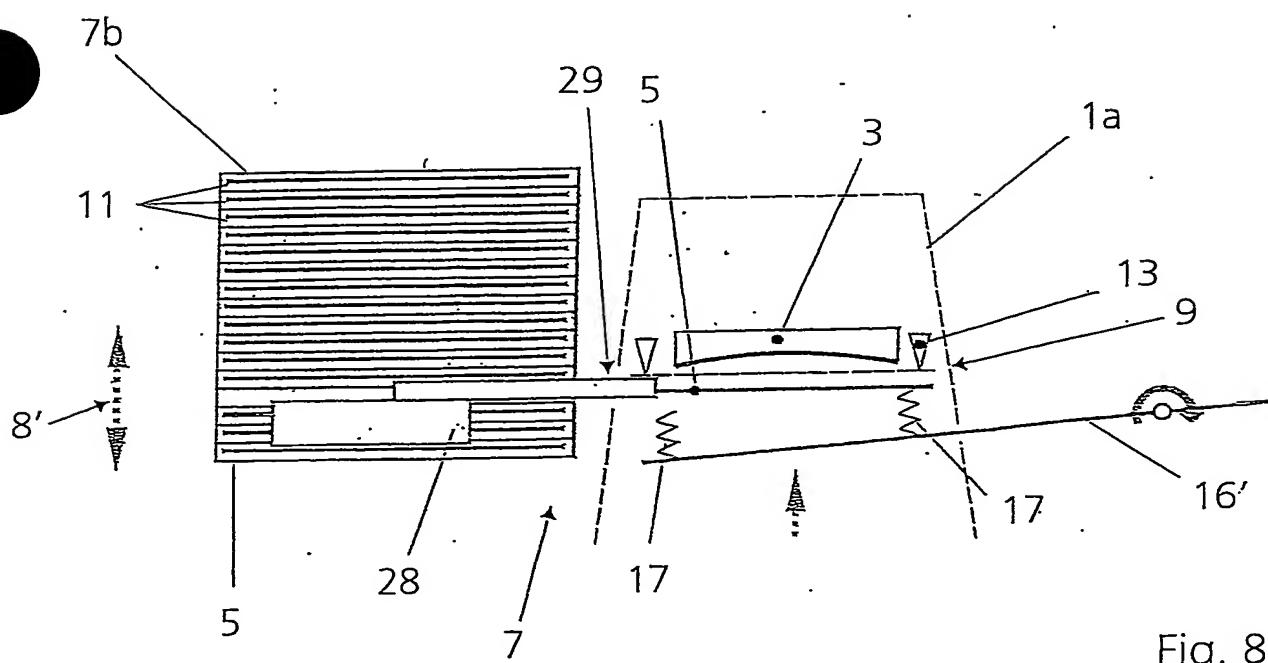


Fig. 8

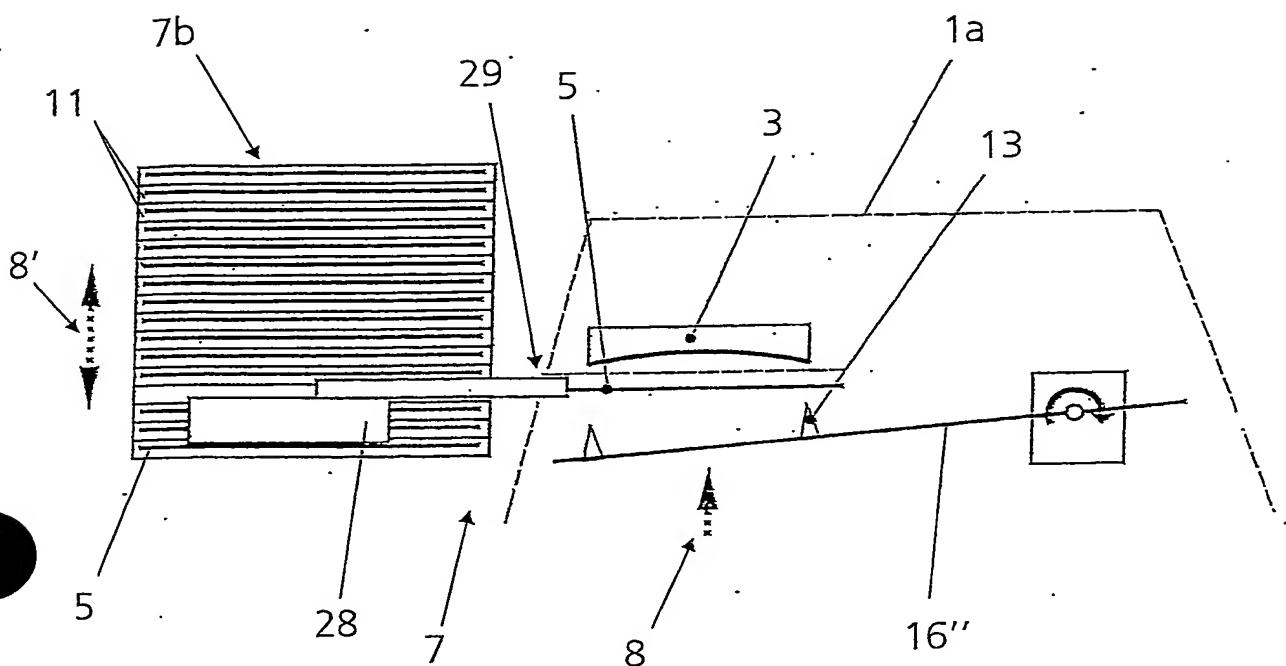


Fig. 9

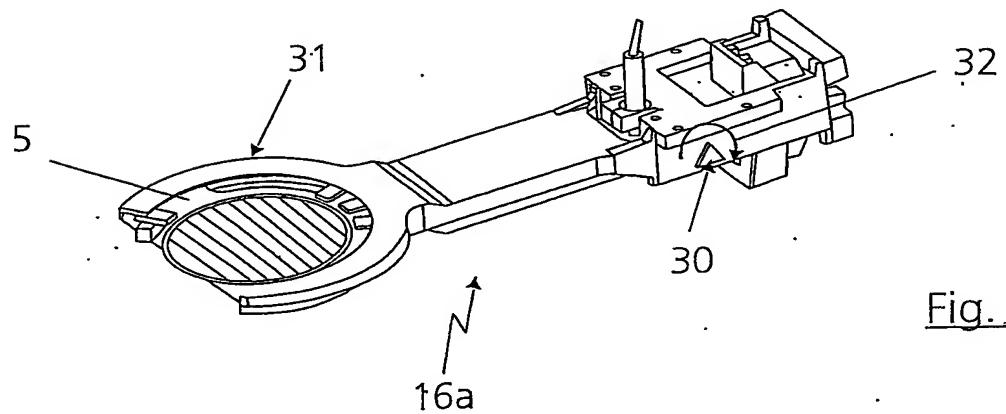


Fig. 10a

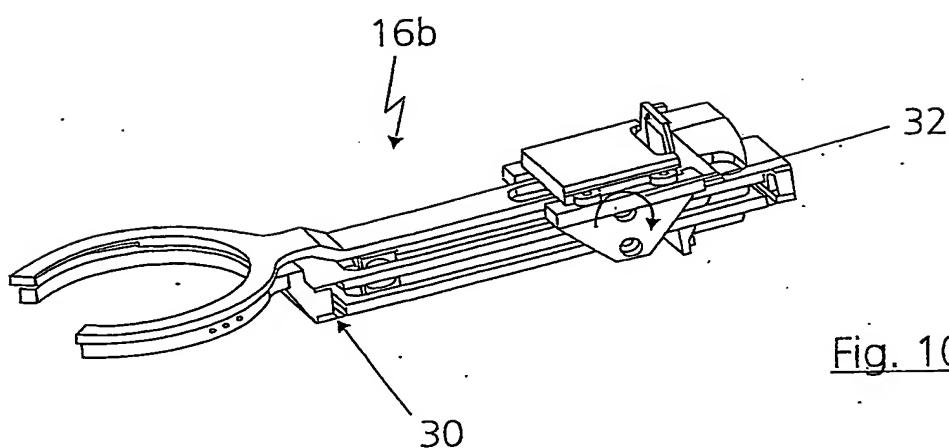


Fig. 10b

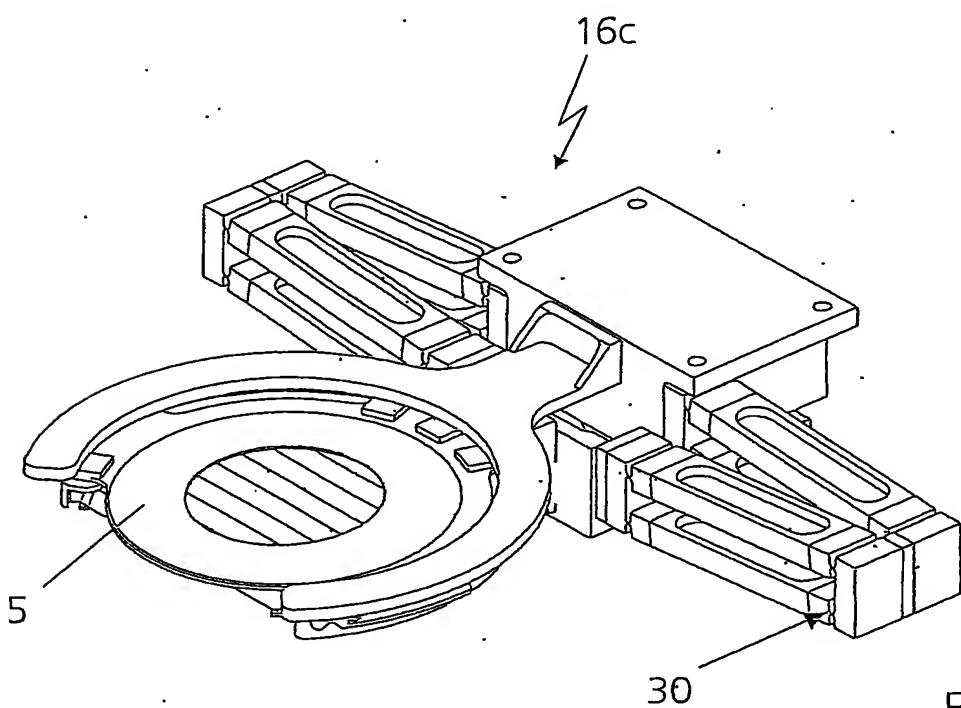


Fig. 10c

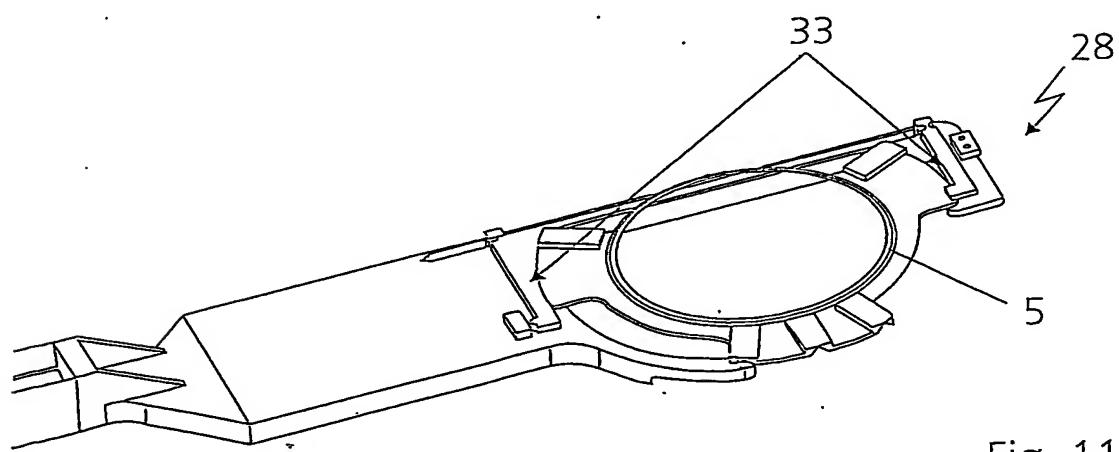


Fig. 11

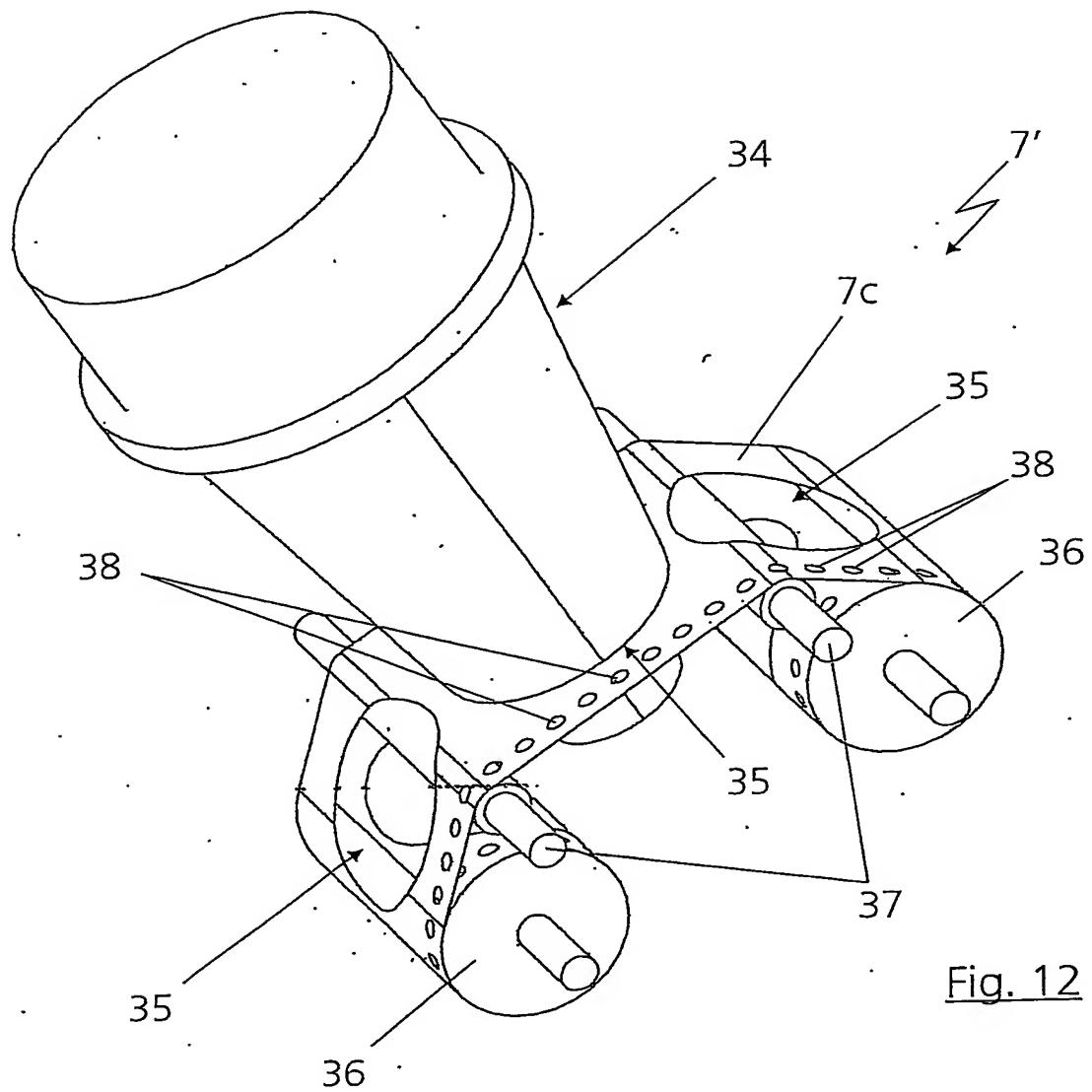


Fig. 12

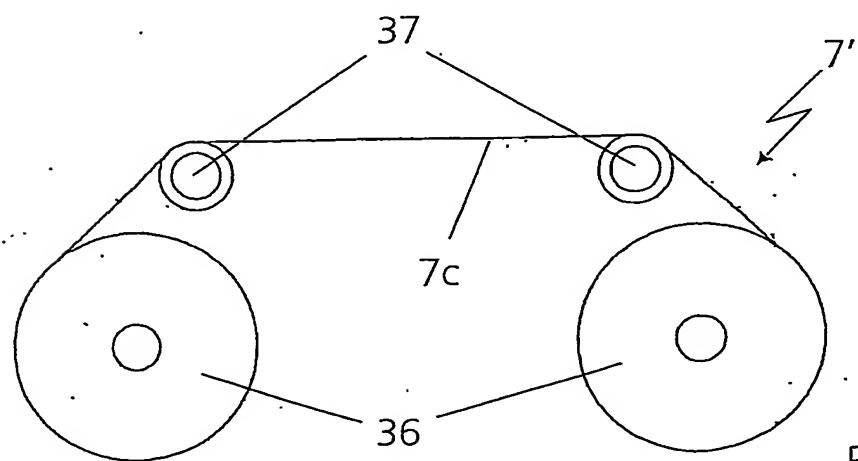


Fig. 13

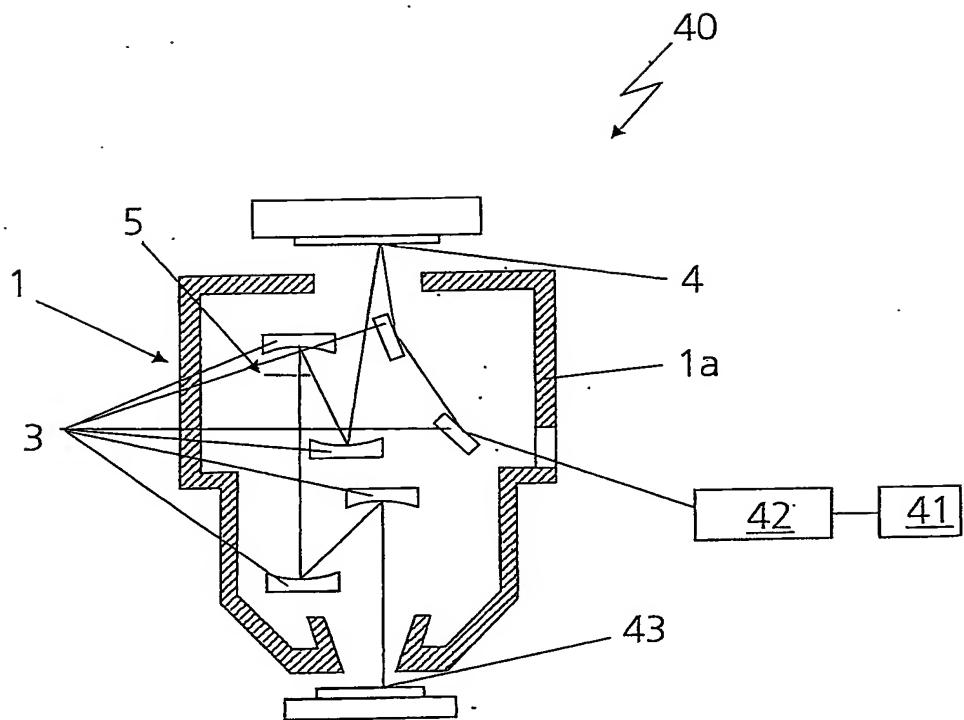


Fig. 14